Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 32 (1988) 93-114. Palma de Mallorca

ASPECTOS DEL PLANCTON DE LA BAHÍA DE PALMA EN 1982

J. JANSÁ[1] & A. CARBONELL[2]

PALABRAS CLAVE: Zooplancton, copépodos, diversidad específica, biomasa, clorofila *a*

KEYWORDS: Zooplankton, copepods, species diversity, biomass, chlorophyll *a*

RESUMEN. En el presente trabajo se exponen los resultados de un estudio de la distribución espacio-temporal de algunos aspectos del plancton de la bahía de Palma de Mallorca de acuerdo con muestras obtenidas en campañas realizadas cada dos meses en 1982. Según el análisis de la distribución de las numerosidades de los principales grupos tazonómicos del zooplancton, de las especies de la comunidad de copépodos, de su diversidad muestral y acumulada, así como de la variación de la biomasa zooplanctónica (mg peso seco m^3) y de la concentración de la clorofila a, es posible observar un considerable grado de heterogeneidad espacial en la época cálida y una tendencia a la homogeneización en la época fría. El inventario de especies de la comunidad de copépodos no muestra grandes alteraciones respecto a los resultados obtenidos en estudios anteriores y las cantidades de los diferentes parámetros considerados presentan un rango de variación relativamente moderado.

SUMMARY. SOME CHARACTERISTICS OF PLANCTON FROM THE BAY OF PALMA IN 1982. This is a report on a study on spatio-temporal distribution of some characteristics of plankton from the bay of Palma de Mallorca based on bimonthly samples during 1982. Frequency distribution of the main taxa, species composition of the copepod community, specific diversity per sample and after pooling, as well as

[1] Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Baleares. Muelle de Poniente s/n. Palma de Mallorca 07015. Baleares. España.

[2] Av. Jaime III nº 3. Palma de Mallorca 07012. Baleares. España

variation in zooplàndton biomass (mg dry weight m^{-3}) and chorophyll *a* were determined. There is a considerable degree of spatial heterogeneity in the warm season, and a tendency to homogenization during the cold season. The copepod community species inventory does not differ greatly from previous ones, and the values for the various parameters measured show a relatively moderate range of variation.

RESUM. ASPECTES DEL PLÀNCTON DE LA BADIA DE PALMA EN 1982. Es presenten els resultats d'un estudi de la distribució espai-temporal d'alguns aspectes del plàncton de la badia de Palma, a partir de mostres bimensuals obtingudes l'any 1982. Les anàlisis quantitatives dels principals grups del zooplàncton, de les espècies de copèpodes, de la seva diversitat, aixi com les de la variació de la biomassa zooplanctònica i de la concentració de clorofil·la *a*, posen de manifest l'existència d'una considerable heterogeneitat a l'espai a l'epoca càlida i una tendència a l'homogeneització a l'època freda. Les espècies de copèpodes no són gaire diferents a les observades en estudis anteriors i les quantitats dels diferents paràmetres considerats presenten una variació relativament moderada.

INTRODUCCIÓN

En 1982 fue llevado a cabo por parte del Centro Oceanográfico de Baleares (I.E.O) un estudio del medio pelágico de la bahía de Palma. Se realizaron cinco campañas en marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre.

Como parte integrante de este estudio, se efectuó un muestreo encaminado a conocer diferentes spectos del sistema planctónico. Así se tomaron datos referentes a la distribución de la clorofila *a*, en las poblaciones de zooplancton se incidió en el análisis de la distribución tanto en los parámetros de biomasa como en la estructura general de las poblaciones y dentro de la comunidad de copépodos, en un estudio detallado de la composición específica.

Este trabajo sitúa, por tanto, un punto de referencia más, con el que poder comparar tanto los estudios realizados con anterioridad como aquellos que se hagan en el futuro. Hay que tener en cuenta que la bahía de Palma, especialmente en sus areas más costeras, está siendo sometida a la creciente influencia del aumento de la población así como del tráfico marítimo.

Señalaremos finalmente, que la aportación en este estudio, centrado fundamentalmente en el zooplancton, de datos y análisis de la distribución de la clorofila tiene un carácter referencial y, hasta cierto punto, explicativo de los fenómenos observados en el zooplancton.

METODOLOGÍA

MÉTODOS DE CAMPO

Para la obtención de las muestras de zooplancton se utilizó una red del tipo Bongo-20 equipada con mangas de 250 micras de malla y flujómetros General-Oceanics. En cada campaña se realizaron pescas horizontales a unos 3 metros de profundidad en cinco puntos de muestreo y dobles oblícuas hasta las proximidades del fondo en el perfil central de las estaciones (figura 1-A). Así, desde las proximidades de la costa hacia mar adentro las profundidades máximas alcanzadas por la red en cada estación son del orden de 20, 30 y 50 metros. Una vez obtenidas las muestras, estas eran fijadas con formol al 4% en la solución final.

El muestreo encaminado a la determinación de clorofila se realizó mediante botellas Niskin de 5 litros de capacidad en profundidades escalonadas cada cinco metros, en las distintas estaciones cuya situación se da en la figura 1-A. El filtrado, sobre papel de filtro Watman GF/C, se realizó a bordo, utilizando para ello una batería de filtración de 6 unidades de 2.3 litros de capacidad cada una. Normalmente el volumen de agua filtrada era de una carga para cada filtrador y sólo en los lugares de gran transparencia de agua se filtraron dos cargas (4.6 litros). Los filtros Watman con el material filtrado eran guardados en frascos con silicagel, y congelados a -20°C hasta su posterior análisis en el laboratorio.

MÉTODOS DE LABORATORIO

Los trabajos de recuento en zooplancton se realizaron sobre partes alícuotas de la muestra original utilizando para ello un submuestreador del modelo Folsom. El tamaño de las fracciones alícuotas osciló entre 1/8 y 1/32 de la muestra original, en función de la abundancia de esta. Los resultados de los contajes expresados en número de individuos por metro cúbico (deducidos del volumen de agua filtrado por las redes, calculado con la ayuda de los flujómetros) vienen presentados en este caso en forma de valores promedio para cada campaña así como en promedio global (tabla I). Para el cálculo de la diversidad en la comunidad de copépodos se ha utilizado la fórmula de Shannon.

El índice de biomassa ha sido el peso seco. Para ello se ha realizado una desecación en estufa a 60°C hasta peso constante y se ha pesado el material en una balanza de diezmilésima de gramo.

Hay que señalar que, en este caso, la medición del peso seco se ha efectuado en muestras fijadas con formol con lo cual puede resultar algo infravalorada (alrededor del 10%). Los resultados se dan en mg m^{-3} de peso seco.

La clorofila *a* (previa extracción acetónica) se ha medido por fluorimetría utilizando para ello un espectrofluorímetro Perkin-Elmer, modelo 204, debidamente calibrado a partir de medidas de absorción realizadas con un espectrofotómetro Perkin-Elmer, modelo 139. Los datos aparecen en mg m^{-3} de clorofila *a*.

RESULTADOS

ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO MARINO EN SUS COMPONENTES BIOLÓGICOS

Distribución de la clorofila a

En las figuras 1-B, 1-C, 1-D, 1-E y 1-F aparecen los valores promedio de la concentración de clorofila *a* para la columna de agua correspondiente a cada punto de muestreo y a lo largo de las cinco campañas realizadas. Este tipo de representación está en función del análisis de gradientes espaciales correspondientes a las diferentes épocas del año estudiadas. De acuerdo con esto puede observarse que, si consideramos toda la bahía, la mayor uniformidad espacial aparece en los meses de marzo y noviembre, principalmente en este último caso (figura 1-F). los mayores gradientes se dan, en cambio, en la época cálida, de acuerdo con las campañas realizadas en julio y septiembre (figuras 1-D y 1-E). En el mes de mayo (figura 1-C) se observa una situación intermedia. Hay que señalar, de todas formas que, en ningún caso los gradientes son espectaculares y que los valores promedio obtenidos en las áreas costeras próximas a la ciudad de Palma y urbanizaciones colindantes no reflejan masas de agua de elevada eutroficación. Algunos valores puntuales superan lógicamente por exceso o por defecto los promedios aunque nunca de una forma importante. Así cabe señalar como valores máximos los encontrados en superficie en las estaciones 11 y 12 en mayo con 2.2 y 2.4 mg m^{-3} de clorofila *a*, respectivamente y el valor de 1.9 mg m^{-3} encontrado igualmente en superficie en marzo en la estación 1. Las concentraciones puntuales más bajas aparecen en julio en los niveles superficiales y subsuperficiales de las

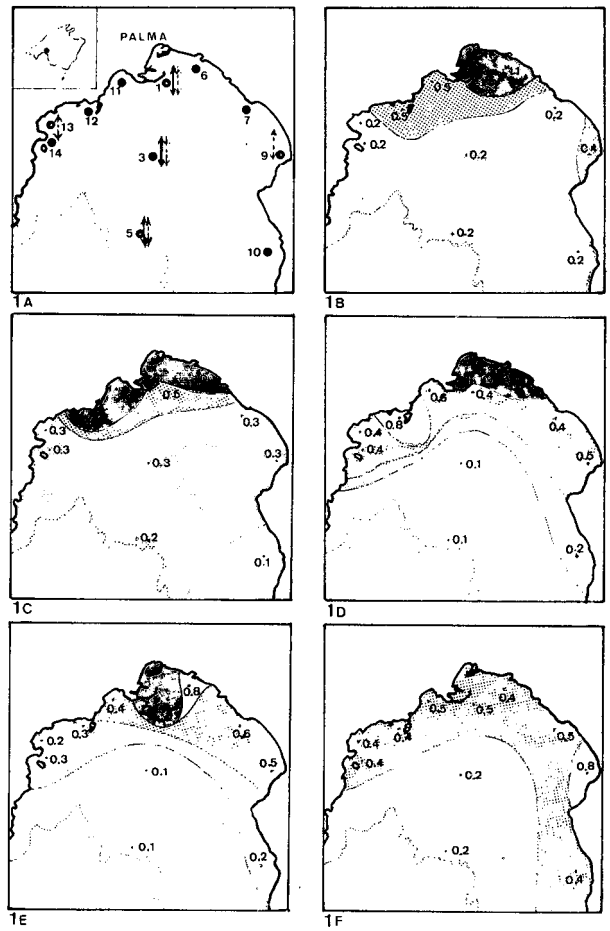

Figura 1.A: Situación de las pescas de zooplancton (flechas) y de las estaciones hidrográficas en las que se han tomado muestras de clorofila *a* (círculos negros). Flechas contínuas: pescas oblícuas. Flechas de trazos: pescas horizontales. 1-B: distribución de la clorofila *a* en marzo. 1-C, en mayo. 1-D, en julio. 1-E, en septiembre. 1-F, en noviembre. En todos los casos se representa la media de la columna de agua. Blanco: 0.05-0.2 mg m^{-3}, punteado claro: 0.2-0.4 mg m^{-3}, punteado obscuro: 0.4-0.8 mg m^{-3}, gris claro: 0.8-1 mg m^{-3}, gris obscuro: más de 1 mg m^{-3}.

Location of zooplankton nettings (arrows) and hydrographic stations where chlorophyll *a* was sampled (black circles). Arrows: oblique sweep. Dotted arrows: horizontal sweeps. B: distribution of chlorophyll *a* in March; C: in May. D: in July. E: in September. F: in November. All values represent means for the water column. White: 0.05-0.2 mg m^{-3}, pale shading: 0.2-0.4 mg m^{-3}, dark shading: 0.4-0.8 mg m^{-3}, pale grey: 0.8-1 mg m^{-3} dark grey: 1 mg m^{-3}.

estaciones 3 y 5 donde nunca se alcanza el valor de 1 mg m^{-3} de clorofila *a* (valores no tabulados).

Haciendo abstracción de las épocas y niveles en que han aparecido las distintas cantidades, el rango de valores de concentración de clorofila *a* encontrado en la bahía de Palma sería de un orden semejante al observado en el mar Balear (DURAN & JANSÁ, 1986; FORTEZA *et al.*, 1988) aunque, en el caso que nos ocupa, hay que atribuir los mayores valores, encontrados cerca de la costa, a la influencia urbana. Esto queda especialmente patente en la época cálida, en la cual, y en ausencia de la influencia que significan los aportes urbanos, deberíamos encontrarnos con concentraciones de clorofila inferiores a las observadas ya que, por una parte, y durante el verano, disminuyen grandemente los intercambios verticales en la masa de aguas costeras y, por otra parte, en la isla de Mallorca no existen aportes compensatorios naturales de nutrientes como pueden ser los ríos. La mayor uniformidad y, al mismo tiempo, las superiores concentraciones en las partes centrales de la bahía observadas en la época fría pueden ser atribuidas a los intercambios verticales y laterales los cuales favorecen los aportes internos de nutrientes y los fenómenos de producción subsiguientes así como los de difusión.

Distribución de la biomasa zooplanctónica

En las figuras 2-B, 2-C, 2-D, 2-E y 2-F se muestran los distintos valores de biomasa del zooplancton. Puede observarse que las cantidades más bajas aparecen en noviembre y, puntualmente, las más altas se dan en la campaña realizada en septiembre. Una mayor homogeneidad y riqueza relativa puede constatarse en mayo, y los valores obtenidos para marzo y julio reflejan una situación intermedia entre las descritas. Hay que señalar que solamente en dos ocasiones (campañas de marzo y septiembre) puede hablarse de un paralelismo general y aproximado entre la biomasa y la clorofila. Este tipo de distribución de ambos parámetros puede explicarse en base a una serie de fenómenos ya conocidos, así, por ejemplo, por una parte, existe normalmente un desfase temporal entre los máximos fitoplanctónicos y zooplanctónicos y, por otra parte, los paralelismos entre los gradientes espaciales sólo aparecen de una forma constante cuando estos son muy grandes. Ciertamente y, no obstante lo dicho, hay que destacar que, aunque sólo sea puntualmente, valores importantes de biomasa, que se acercan y superan los 40 mg m^{-3} aparecen en los lugares en los que la concentración de clorofila es más eleva-

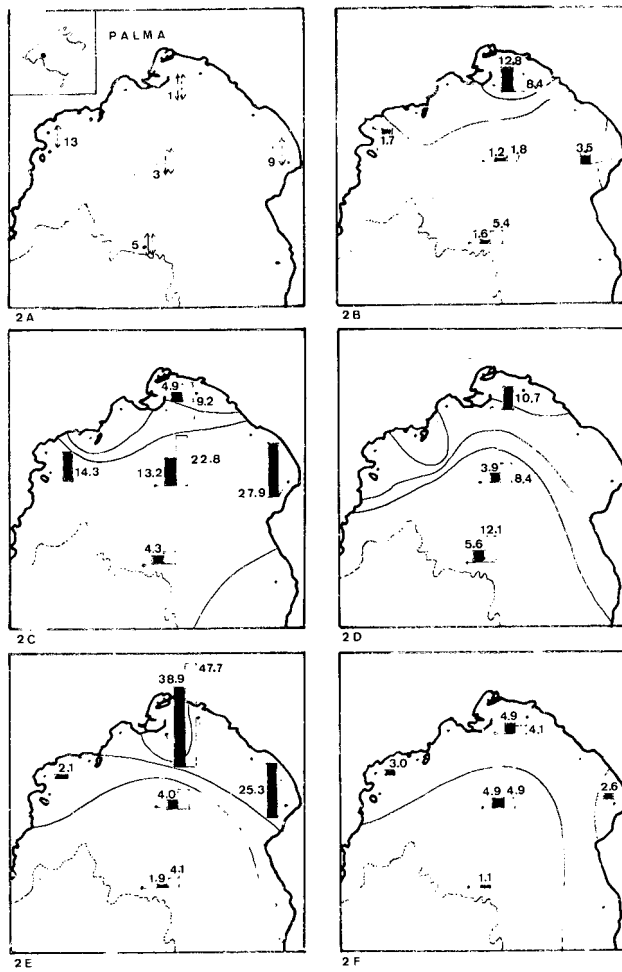

Fig. 2.A: Situación de las pescas de zooplancton (id figura 1-A). Figura 2-B: Distribución de la biomasa zooplanctónica (mg m^{-3}) en marzo. 2-C, en mayo. 2-D, en julio. 2-E, en septiembre. 2-F, en noviembre. Columna negra: pescas horizontales. Columna blanca: pescas oblícuas. Las isolíneas representadas se corresponden con las de distribución de la clorofila *a* (Figura 1).

Location of zooplankton nettings (see fig. 1-A). B: distribution of zooplankton biomass (mg m^{-3}) in March. C: in May. D: in July. E: in September. F: in November. Black column: horizontal sweeps. White column: oblique sweeps. Isolines represent chlorophyll *a* distribution. (Fig 1).

da (campaña de septiembre) y que, en ocasiones (mayo, septiembre y noviembre), valores relativamente bajos de biomasa coinciden con concentraciones de clorofila normalmente escasas (estación 5).

La mayoria de estos datos presentan un rango de variación similar al encontrado en muestreos anteriores realizados en las principales bahías y puertos del mar Balear (JANSÁ, 1985) y resultan globalmente algo superiores a los obtenidos en posteriores campañas realizadas en el mar Balear en regiones neríticas abiertas y en alta mar, e inferiores a las zonas de plataforma peninsular cerca del delta del río Ebro (FERNANDEZ DE PUELLES & JANSÁ, 1988). Los citados valores máximos encontrados en la campaña de septiembre son, de todas formas, notablemente inferiores a los aparecidos en el puerto de Mahón en 1981 donde se superaron los 90 mg m^{-3} de peso seco (JANSÁ, 1986).

Variabilidad en la estructura general del zooplancton

El esquema general de variación temporal basado en los promedios porcentuales de cada campaña (figura 3-A) muestra que, a excepción de los meses de marzo y julio, los copépodos son el grupo claramente predominante. En estos casos, los porcentages globales, del orden del 70 u 80%, caen dentro de los valores normales. El desplazamiento relativo de este grupo en marzo y julio se debe, en el primer caso, a una gran abundancia de medusas y, en el segundo caso, a una proliferación de cladóceros fenómeno típico de estos organismos en el Mediterraneo.

Las apendicularias destacan especialmente en septiembre y noviembre con abundancias relativas que oscilan alrededor del 10%. Otro grupo destacable, aunque sin alcanzar gran importancia numérica, es el de los quetognatos. Nótese que sus mayores porcentajes aparecen después de los máximos relativos de copépodos (campañas de mayo y septiembre). Hay que señalar que, o bien no han existido, o bien no se han registrado, las proliferaciones de sálpidos que suelen tener lugar en primavera y otoño así como las de doliólidos (más propiamente invernales). En estudios anteriores (JANSÁ, 1985) se observó igualmente pobreza en estos grupos. Posteriormente GELABERT & MORENO (1987) señalan su aparición, pero las magnitudes absolutas tampoco son destacables.

Para los grupos taxonómicos principales, los promedios absolutos (nº ind. m^{-3}) siguen una evolución que se aproxima bastante a la de los porcentajes.

Así la mayor cantidad global de copépodos aparece en mayo con 821 ind. m^{-3} y la menor en marzo con 128 ind. m^{-3}, en este caso las medusas tienen una concentración de 110 ind. m^{-3}. De la misma forma, en julio se da la máxima abundancia de cladóceros con 308 ind. m^{-3}. Los quetognatos presentan abundancias que oscilan entre alrededor de 30 y 6 ind. m^{-3} como valores promedio máximos y mínimos. La mayor concentración de apendicularias aparece en septiembre con 111 ind. m^{-3} (tabla 1).

Si consideramos concentraciones absolutas puntuales (valores no tabulados), puede destacarse que, a lo largo de las distintas campañas y refiriéndonos a los grupos taxonómicos numéricamente importantes, las mayores cantidades aparecen con frecuencia en las estaciones más próximas a la costa. Refiriéndonos concretamente al grupo de los copépodos, la mayor concentración obtenida en marzo (407 ind. m^{-3}) se da en la estación 9; en mayo se obtienen cantidades notablemente importantes en puntos costeros (2633 y 1080 ind. m^{-3}, en las estaciones 9 y 13), en julio se registran 643 ind. m^{-3} en la estación 1 y 366 ind. m^{-3} en la estación 13 (concentraciones paralelas aunque algo más importantes se dan en esta última campaña en los cladóceros). Las mayores abundancias puntuales de copépodos aparecen en septiembre en la estación 1, en las pescas horizontal y oblícua con 1245 y 1651 ind. m^{-3}, respectivamente. La situación es más homogénea en noviembre y también se dan cantidades puntuales más reducidas.

Relación entre la biomasa y la estructura general del zooplancton

Es frecuente encontrar paralelismos cuando se compararan parámetros como los índices de biomasa con los resultados de los recuentos en distintos grupos taxonómicos. Estos paralelismos se deben a la contribución en mayor o menor grado a la biomasa por parte de uno o varios de estos grupos. A fin de cuantificar en alguna manera estas relaciones se ha calculado el coeficiente de correlación lineal para cada campaña así como para la zona en su conjunto entre la biomasa (peso seco mg m^{-3}) y los copépodos (nº ind m^{-3}). Así resulta que, en marzo, el coeficiente de correlación entre los copépodos y la biomasa es muy bajo (0.163) aunque sube notablemente cuando se considera el total de organismos (0.763). Existe en este caso un claro factor de enmascaramiento sobre la contribución de los copépodos por parte de otros organismos entre los cuales y, a pesar de su elevado contenido en agua, hay que considerar a las medusas (recuérdese el elevado porcentaje con que aparecen en este mes). En mayo y septiembre las correlaciones tanto para el total de organismos como para los copépodos son elevadas. En el mes de mayo se obtiene 0.909 (copépodos-biomasa) y 0.897 (total de organismos-biomasa). En septiembre los datos de correlación son incluso más elevados: 0.988 para copépodos y 0.983 para el total de organismos. El ligero, y a

primera vista paradógico, descenso observado en el coeficiente de correlación en ambos casos, cuando se estudia la relación entre la biomasa y el total de organismos, puede atribuirse a un pequeño aumento de factores de enmascaramiento debido precisamente a la adición de grupos taxonómicos que si bien numéricamente pueden tener una cierta importancia no representan una aportación destacable a la biomasa. En efecto, tanto en mayo como en septiembre, los grupos que siguen en abundancia relativa a los copépodos son los cladóceros y apendicularias los cuales, individualmente, no siempre son organismos de gran biomasa. Expresando esta idea de otra forma, podemos afirmar que, de acuerdo con nuestras observaciones, tanto en mayo como en septiembre no existen factores que distorsionen de una manera importante la contribución de los copépodos a la biomasa, que en estos meses es grande.

En noviembre se hace notar un descenso en el coeficiente de correlación obteniéndose 0.843 (total organismos-biomasa) y 0.715 (copépodos-biomasa). Aquí, el inferior valor obtenido para los copépodos indica un aumento de los elementos distorsionantes entre los cuales tal vez habría que considerar a los quetognatos (figura 3-A). En julio los valores de correlación encontrados son bajos (por debajo de 0.5) en ambos tipos de análisis y resultan poco concluyentes para un grupo determinado. En este caso, por tanto, el valor de biomasa es el resultado de la intervención más o menos pareja de los cladóceros, copépodos, quetognatos y otros. Como se recordará (figura 3-A), en este mes el grupo predominante son los cladóceros pero, debido a lo señalado anteriormente, para que estos organismos se destaquen en su aportación a la biomasa, deben de aparecer en números superiores a los encontrados.

A pesar de las variaciones señaladas, si consideramos el conjunto de observaciones, la correlación global resulta bastante elevada si tenemos en cuenta el total de organismos ($R = 0.865$) y no totalmente despreciable si consideramos los copépodos ($R = 0.780$).

ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE COPÉPODOS

Distribución espacio-temporal de las principales especies encontradas

En la tabla 1 se muestra el inventario de especies y géneros de copépodos encontrados así como los promedios para cada campaña y global de sus abundancias absolutas (n^o ind. m^{-3}).

En el presente apartado se indican, además de las principales características de distribución de densidad, datos de las abundancias relativas (valores no tabulados).

De las 70 especies identificadas, 10 han resultado con un porcentaje promedio global superior al 1% y son, por orden de importancia, *Acartia clausi* (22.2%), *Temora stylifera* (11.9%), *Centropages ponticus* (9.5%), *Paracalanus parvus* (8.8%), *Clausocalanus furcatus* (8.7%), *Isias clavipes* (5.3%), *Centropages kroeyeri* (2.4%), *Oithona plumifera* (2.3%), *Labidocera wollastoni* (1.4%) y *Acartia latisetosa* (1.0%).

Analizando por separado las cinco campañas, pueden destacarse los siguientes rasgos de distribución. En marzo las especies relativamente más abundantes son *A. clausi* (39.8%), *T. stylifera* (8.1%), *Clausocalanus arcuicornis* (3.5%), *P. parvus* (3.5%), *Oithona helgolandica* (2.1%), *O. plumifera* (1.5%), *Centropages typicus* (1.2%) e *I.clavipes* (1.2%). Entre otras especies con importancia estacional que destacan en este mes pueden citarse a *Clausocalanus pergens* (2.0%), *Calanus helgolandicus* (1.3%) y *Acartia adriatica* (1.2%). Entre un tercer grupo de especies raras puede señalarse a *Calanus tenuicornis, Eucalanus monachus, Eucaheta* sp., *Candacia aethiopica* y *Acartia danae*. La presencia de esta última especie, de origen atlántico, así como de las otras, más propias de aguas profundas, indican en este mes la existencia de un notable intercambio de masas de agua en la bahía (favorecido por la ausencia de la termoclina en relación con una actividad hidrográfica que suele ser más frecuente e importante en la época fría).

A. clausi y *T. stylifera* presentan las densidades más altas en las estaciones más cercanas a la costa y en pescas superficiales lo que está de acuerdo con el caracter nerítico de estas especies. Las numerosidades puntuales no son muy elevadas a excepción de la estación 9 donde *A. clausi* aparece con 300 ind. m^{-3}. Otras especies relativamente abundantes cerca de la costa son *P. parvus, Cl. pergens, C. typicus, I. clavipes, L. wollastoni* y *O. plumifera*.

Entre las especies más características del mes de mayo cabe citar a *A. clausi* (39.1%), *C. ponticus* (11.2%), *P. parvus* (10.9%), *I. clavipes* (10.7%), *C. typicus* (1.3%), y *Cl. furcatus* (1.1%). Junto a estas especies consideradas como permanentes para la bahía de Palma aparecen otras más estacionales que en este mes adquieren importancia como *C. kroeyeri* (2.8%), *A. latisetosa* (2.3%), *A. discaudata* (1.6%), *A. adriatica* (1.3%) y *Parapontella brevicornis* (1.2%).

A. clausi presenta concentraciones de hasta 1200 ind. m^{-3} en la estación 9. Hacia el centro de la bahía se obtienen 376 ind. m^{-3} y 400 ind. m^{-3} en la estación 13. En el resto de los puntos de muestreo las densidades son mucho

más bajas (19-31 ind. m^{-3}). *C. ponticus* es la segunda especie más importante y en la estación 9 se alcanzan 616 ind. m^{-3}. Las estaciones más alejadas de la costa muestran concentraciones importantes de especies tales como *P. parvus, Ct. vanus* y *O. plumifera.*

En la campaña realizada en julio, la composición de abundancias relativas de las principales especies es la siguiente: *Cl. furcatus* (20.6%), *C. ponticus* (14.7%), *T. styllifera* (8.2%), *P. parvus* (6.8%), *A. clausi* (2.9%), *Nannocalanus minor* (2.5%) y *O. plumifera* (1.5%). Las especies con importancia estacional más destacable son *Corycaeus latus* (2.2%), *O. nana* (2.2%) y *Mecynocera clausi* (1.6%).

Cl. furcatus alcanza las densidades más altas en las estaciones 1 y 3 con 88 y 132 ind. m^{-3}. *C. ponticus* muestra su mayor numerosidad en la estación 13 con 200 ind. m^{-3}. *T. stylifera* aparece en casi todas las estaciones con concentraciones que oscilan entre 14 y 28 ind. m^{-3}. *P. parvus* presenta densidades que varían entre 44 y 1 ind. m^{-3} y resulta algo más abundante en las estaciones costeras. Otros copépodos que se observan con frecuencia cerca de la costa son *Pontella* sp. y *O. nana.* En las estaciones del centro y boca de la bahía aparecen cantidades relativamente importantes de especies tales como *N. minor, M. clausi* y, especialmente en superficie *O. plumifera* y *C. latus.*

En septiembre los porcentajes principales se reparten entre las siguientes especies: *T. stylifera* (22.9%). *Cl. furcatus* (16.1%), *P. parvus* (10.0%), *C. ponticus* (9.3%), *A. clausi* (6.4%), *O. plumifera* (3.2%), *I. clavipes* (1.5%) y *O. helgolandica.* Cabe destacar como especies de importancia estacional a *C. kroeyeri* (4.1%), *L. wollastoni* (3.8%) y *Pontella* sp. (2.4%).

En cuanto a abundancia absoluta *T. stylifera* es la especie que se sitúa en primer lugar alcanzando densidades de hasta 520 ind. m^{-3}. *Cl. furcatus*, en segundo lugar, muestra concentraciones de hasta 265 ind. m^{-3}. Algunas cantidades de *P. parvus* pueden ser localmente incluso más importantes (hasta 322 ind. m^{-3}). Estas tres especies se distribuyen según un gradiente negativo hacia la boca de la bahía. Como copépodos con importancia numérica destacable en la zona costera, seguimos encontrando a *A. clausi* y *C. ponticus.*

Los copépodos dominantes en noviembre son, por orden de importancia relativa, *T. stylifera* (18.6%), *Cl. furcatus* (10.1%), *O. plumifera* (9.1%), *A. clausi* (7.4%), *O. media* (6.2%), *P. parvus* (1.8%), *Cl. arcuicornis* (1.7%), *I. clavipes* (1.6%) y *O. helgolandica* (1.2%). Las especies con importancia estacional son *Corycaeus flaccus* (1.1%) y *Calocalanus styliremis* (1.0%).

Las especies más importantes *T. stylifera* y *Cl. furcatus*, muestran un descenso en sus concentraciones respecto a la campaña anterior. Así, la primera oscila entre 7 y 57 ind. m^{-3} y la segunda entre 1 y 56 ind. m^{-3}. *Cl. furcatus* se presenta algo más abundante en las estaciones del centro y boca de la bahía mientras que *T. stylifera*, junto con *A. clausi* y *O. helgolandica* aparecen en este mes más homogeneamente distribuidas en toda la zona. En las estaciones más alejadas de la costra adquieren una cierta importancia relativa copépodos como *N. minor, P. parvus, C. pavo, O. plumifera* y *C. flaccus*.

A manera de resumen, las abundancias relativas de las especies principales aparecen representadas gráficamente en la figura 3-B, de acuerdo con ella podemos ver, por ejemplo que *A. clausi* presenta sus mayores porcentajes en marzo y mayo. El conjunto de especies de *Clausocalanus* muestran especial preponderancia en julio. *T. stylifera* es importante en septiembre y, en menor grado, en noviembre. *P. parvus* presenta sus mayores abundancias en la época cálida. Finalmente *C. ponticus* resulta especialmente destacable en mayo, julio y septiembre e *I. clavipes* en mayo.

MASSUTÍ (1942) considera como especies frecuentes o muy frecuentes las siguientes: *P. parvus*, las especies de género *Clausocalanus, T. stylifera, C. typicus, C. kroeyeri, I. clavipes, A. clausi* (muy frecuente), *O. nana* (muy frecuente), *O. plumifera, Microsetella rosea, M. norvegica, C. ovalis* y *C. rostrata*.

Aunque no puede establecerse en este caso una comparación sobre los valores absolutos ya que estos no se elaboraban en épocas pasadas, si cabe notar una cierta semejanza en cuanto a las características globales de inventario así como a las frecuencias señaladas para un número notable de casos. Hay que hacer notar que en el trabajo de MASSUTÍ (1942) nos se cita a *C. ponticus*. Ello no resulta extraño ya que en aquellas fechas no se había delimitado completamente la posición taxonómica de esta especie. Una redescripción de la misma aparece en el trabajo realizado por SOLER, *et al.*, (1968).

Análisis de la diversidad en la comunidad de copépodos

Tal como se ha indicado, el cálculo de la diversidad se ha realizado según la fórmula de Shannon. Para cada campaña se ha calculado la diversidad correspondiente a cada muestra así como la diversidad acumulada, resultado de la ampliación progresiva a todas las muestras de cada mes de observaciones. Los resultados aparecen representados gráficamente en la figura 4. De

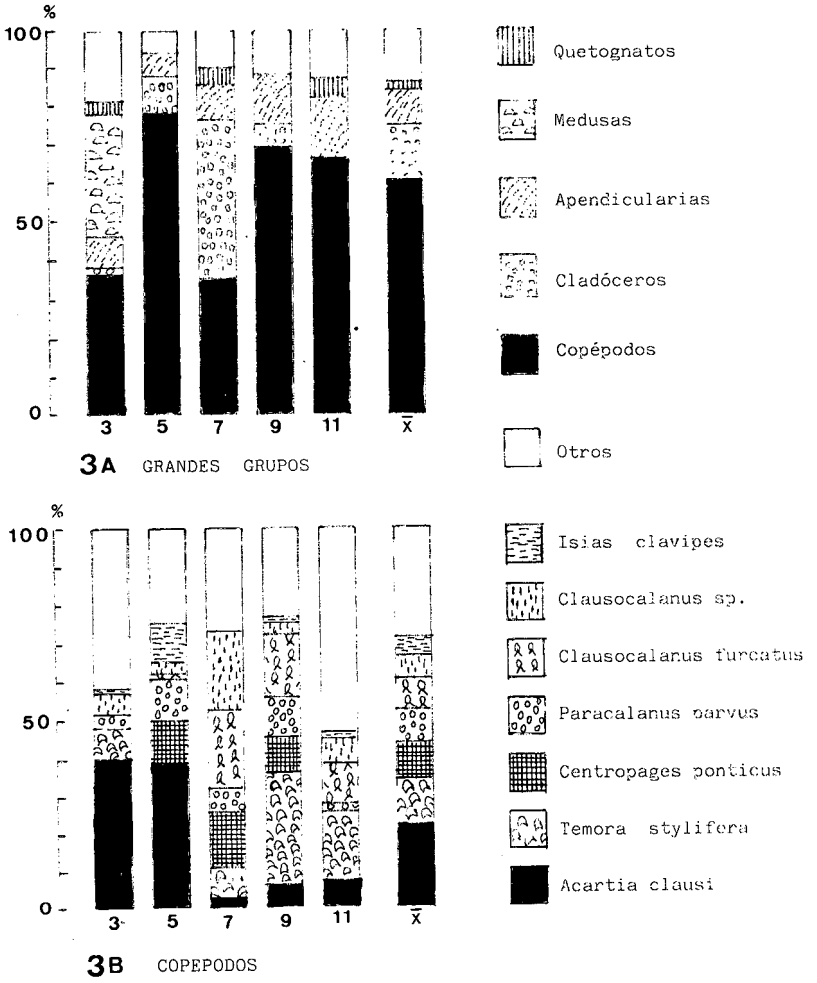

Fig. 3.A: Variación mensual promedio de la abundancia relativa de los principales grupos taxonómicos. B: Variación mensual de la abundancia relativa de las principales especies de la comunidad de copépodos. Así mismo, en ambas figuras, se representa la media global de la zona.

A: Mean monthly variations of relative abundance of the main taxa. B: Monthly variation of the relative abundance of the dominant species in the copepod community. The global means for the zone is also plotted.

acuerdo con esta puede verse que en marzo la curva de diversidad muestral presenta una gran pendiente, de tal forma que puede pasarse desde valores relativamente bajos (del orden de 1.5) en la pesca horizontal de la estación 9, a valores considerablemente altos, superiores a 4, en las pescas oblícuas de las estaciones 1 y 5. Proliferaciones de especies como *A. clausi* son las responsables de la baja diversidad citada antes. La curva de diversidad acumulada es también pronunciada lo que indica adición de nuevas especies relativamente abundantes al ampliar la muestra, pero se sitúa por debajo de la diversidad puntual, significando esto que el espectro de adición de nuevas especies relativamente abundantes al ampliar la muestra no es lo suficientemente amplio, en el sentido de que algunas de ellas vienen a sumar su abundancia relativa a las ya preexistentes. Este fenómeno señala una cierta homogeneización de la zona.

Si bien en mayo se atenúa la pendiente de la curva de diversidad muestral esta resulta todavia bastante coincidente con la de la diversidad acumulada aunque, con frecuencia, se sitúe esta última ligeramente por encima de la primera, de acuerdo con esto, existe todavia homogeneización aunque en menor grado que en el mes anterior.

La tendencia a la segregación iniciada se pone de manifiesto en la época cálida, representada por las campañas de julio y septiembre. En efecto, en ambos casos, la curva de la diversidad acumulada se sitúa notablemente por encima de la muestral indicando esto la incorporación progresiva de nuevas especies relativamente importantes a medida que se va ampliando la muestra. La zona resulta, por tanto, cualitativamente heterogénea, independientemente de las diferencias de diversidad puntual que, especialmente en septiembre, no son manifiestas. En este mes, las relativamente bajas diversidades de las estaciones costeras son imputables a la conocida, y ya comentada preponderancia de determinadas especies adaptadas (especies neríticas y principalmente filtradoras). Las menores diversidades encontradas en esta época en los puntos más alejados de la costa pueden ser atribuidas, en cambio, al proceso de desertización estival observable en las capas superiores de las aguas mediterráneas no sometidas a la influencia de los vertidos urbanos.

Aunque, en noviembre, se observa un aumento generalizado de las diversidades puntuales, la pendiente de la curva es baja pero, además, la distribución de la diversidad muestral resulta otra vez coincidente con la de la diversidad acumulada. Todo ello indica que la zona se ha homogeneizado de nuevo.

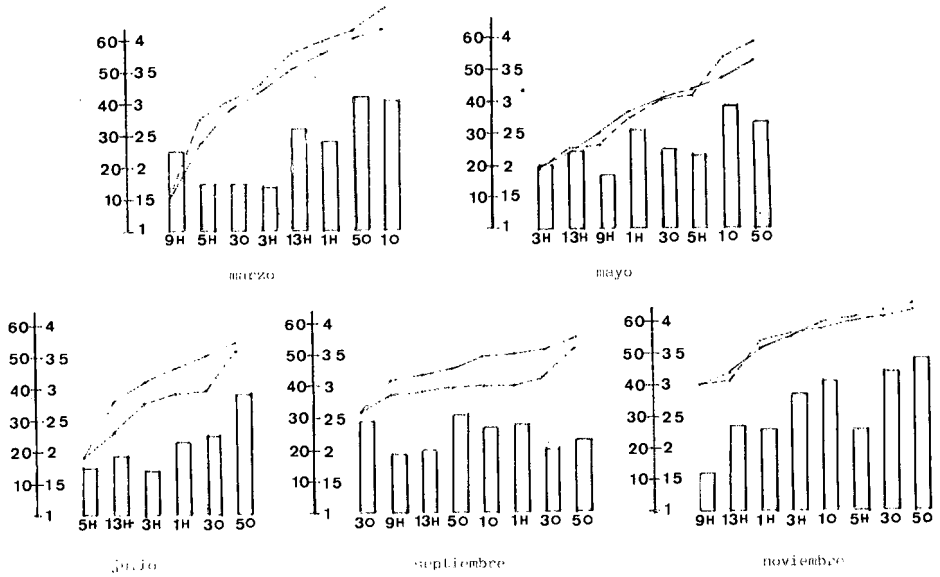

Figura 4: Distribución y variación de los números de especies (escala de la izquierda) y de la diversidad (escala de la derecha) en las cinco campañas. Para cada estación, columnas: número de especies. Curva contínua: diversidad acumulada. Curva a trazos: diversidad muestral. O: pesca oblícua, H: pesca horizontal.

Distribution and variation of numbers of species (left scale) and diversity (right scale) for the five collecting trips. For each station, columns represent numbers of species. Solid lines: accumulated diversity. Dotted lines: sampling diversity. O: oblique sweeps. H: horizontal sweeps.

En la figura 4, además de las curvas de diversidad ya comentadas, se representan, para cada estación, los números de especies. Puede observarse que no siempre existe un paralelismo entre este dato y las diversidades muestrales y aun cuando éste está presente, es tan sólo aproximado. Este es un fenómeno normal y frecuente ya que, como es sabido, en el cálculo del índice de Shannon interviene no solo el número de especies si no también su abundancia relativa. Así nos encontramos con casos (como el observado en la estación 9 H) en los que a números de especies relativamente elevados corresponden, en cambio, índices de diversidad bajos. Tal como ya se ha comentado, esto es característico de zonas en las cuales predominan de forma notable unas pocas especies dentro de un conjunto que puede ser amplio. Por el contrario, la existencia de paralelismos entre ambos parámetros indica una variación estructural de las poblaciones más equilibrada.

DISCUSIÓN

Como es sabido, la distribución espacio-temporal de los diferentes constituyentes del plancton obedece a un cúmulo de factores que pueden sintetizarse en físicos y químicos, por una parte, y en propiamente biológicos, por otra. Dentro de los determinantes biológicos hay que considerar tanto las tasas de producción como los fenómenos de competencia y afinidad entre las diferentes categorias taxonómicas. Los factores químicos y algunos físicos como, por ejemplo la temperatura o la iluminación (determinantes energéticos exosomáticos) inciden favoreciendo o, también, inhibiendo en algunos casos, los procesos biológicos. En un medio estable no limitante en sus condicionantes fisico-químicos iniciales (tal como puede ser una masa de agua estancada y aislada), la forma de distribución de los organismos sería fundamentalmente el resultado de sus procesos, inicialmente internos, que podríamos definir por sus áreas de reproducción, zonas de puesta, focos de producción así como competencia y afinidad con otros organismos funcionalmente similares o distintos (tal como hemos señalado antes). Ahora bien, la intervención de condicionantes externos, como pueden ser, por ejemplo, los movimientos de masas de agua así como distintos tipos de turbulencias acaba complicando y, frecuentemente, enmascarando la estructura inicial descrita, que no deja de ser hipotética.

De acuerdo con esto, y según los resultados obtenidos cuyo análisis ha sido realizado en los distintos apartados, puede resumirse que la heterroge-

++++++BP–1982++++	Marzo	Mayo	Julio	Sept	Nov	Media
+++(Individuos/m^3)+++						
Calanus helgolandicus	1.5	1.1	0.2	–	–	0.54
Calanus gracilis	–	–	–	–	0.1	0.03
Calanus tenuicornis	0.2	–	–	0.0	0.1	0.06
Nannocalanus minor	0.0	1.7	6.0	1.2	3.2	2.43
Calanus sp	0.9	3.2	2.9	0.1	1.6	1.76
Eucalanus monachus	0.0	–	–	–	–	0.01
Eucalanus sp	0.0	–	–	–	0.1	0.02
Mecynocera clausi	0.8	0.4	3.8	–	0.6	1.10
Paracalanus parvus	4.0	85.2	16.4	51.0	2.9	31.90
Paracalanus sp	1.7	1.2	–	0.5	0.1	0.70
Calocalanus pavo	0.7	0.3	1.2	2.3	8.9	2.67
Calocalanus styliremis	0.2	0.6	–	0.0	1.6	0.48
Calocalanus tenuis	0.7	0.3	0.2	0.2	0.7	0.39
Clausocalanus arcuicornis	4.0	1.5	0.5	0.3	2.8	1.81
Clausocalanus furcatus	0.3	8.9	49.9	82.0	16.5	31.52
Clausocalanus pergens	2.2	1.1	–	0.9	–	0.85
Clausocalanus jobei	0.1	–	–	–	0.8	0.17
Clausocalanus sp	6.1	22.3	50.9	18.4	11.2	21.77
Ctenocalanus vanus	4.9	0.5	0.1	–	1.4	1.36
Euchaeta marina	–	–	–	0.2	0.4	0.13
Euchaeta acuta	–	–	0.0	–	0.1	0.03
Euchaeta sp	0.1	–	0.1	0.3	0.5	0.19
Scolecithrix danae	–	–	–	0.0	0.0	0.02
Diaixis hibernica	–	–	–	–	1.1	0.22
Diaixis sp	–	–	0.0	–	–	0.00
Temora stylifera	9.2	2.5	19.9	152.2	30.4	42.82
Pleuromamma sp	–	–	0.1	–	–	0.01
Centropages typicus	1.4	9.7	0.3	0.4	0.3	2.41
Centropages ponticus	0.6	87.3	35.4	47.4	–	34.14
Centropages kroeyeri	–	21.6	1.0	21.0	0.1	8.73
Centropages violaceus	0.1	0.2	1.8	1.4	0.8	0.85
Centropages chierchiae	0.1	0.1	–	0.1	–	0.06
Centropages sp	7.8	36.5	8.4	5.4	0.4	11.67
Isias clacipes	1.4	83.4	0.3	7.5	2.6	10.02
Lucicutia flavicornis	–	–	–	–	0.2	0.04
Lucicutia sp	0.1	–	1.2	–	–	0.26
Candacia armata	0.0	0.2	0.1	–	0.1	0.10
Candacia aethiopica	0.1	–	–	–	0.3	0.08
Candacia simplex	–	–	–	0.0	–	0.01
Candacia sp	0.2	0.2	–	0.2	0.3	0.16
Anomalocera patersoni	0.1	–	–	–	–	0.01
Pontella lobiancoi	–	–	–	0.1	–	0.01
Pontella mediterranea	–	–	0.7	0.1	–	0.15
Pontella sp	–	8.7	5.2	12.3	–	5.25
Labidocera wollastoni	1.1	3.7	0.1	19.4	0.6	4.96
Labidocera sp	1.7	0.4	–	4.1	0.1	1.27
Pontellina plumata	–	–	–	–	0.2	0.04
Parapontella brevicornis	0.1	9.5	–	–	–	1.91
Acartia clausi	45.4	304.6	7.1	32.5	12.1	80.34
Acartia discaudata	–	12.4	–	–	–	2.47
Acartia adriatica	1.4	10.0	0.2	0.4	0.1	2.38
Acartia latisetosa	–	18.1	–	0.2	–	3.65
Acartia grani	–	–	–	1.0	–	0.20
Acartia danae	0.2	0.1	0.1	0.0	0.9	0.26
Acartia sp	–	24.6	0.4	3.7	1.2	5.98
Oithona helgolandica	2.4	2.5	0.9	1.1	2.0	1.77
Oithona linearis	–	–	–	–	1.3	0.25
Oithona nana	0.1	0.3	5.2	0.7	0.1	1.27
Oithona plumifera	1.7	4.5	3.7	16.4	14.8	8.19
Oithona sp	3.7	2.0	2.1	5.4	14.8	5.61
Microsetella sp	–	–	0.4	–	–	0.07
Macrosetella gracilis	–	0.1	–	–	–	0.01
Euterpina acutifrons	0.3	0.1	0.3	3.5	–	0.82

Clytemnestra scutellata	0.2	–	0.0	0.0	–	0.04
Oncaea mediterranea	0.9	0.5	0.6	5.0	10.1	3.43
Oncaea venusta	0.1	0.2	0.0	0.9	1.5	0.53
Oncaea minuta	0.1	–	–	–	0.1	0.03
Oncaea conifera	0.1	–	–	–	0.2	0.05
Oncaea curta	0.1	–	–	–	–	0.01
Oncaea sp	0.7	0.2	0.5	2.0	2.3	1.16
Lubbockia squillimana	–	0.1	–	0.0	–	0.03
Sapphirina nigromaculata	–	–	–	0.1	0.7	0.17
Sapphirina ovatolanceolata	–	–	–	–	0.1	0.01
Sapphirina sp	–	–	–	–	0.0	0.01
Copilia mediterranea	0.1	0.6	0.7	0.2	0.6	0.46
Copilia quadrata	0.1	–	0.2	0.1	0.1	0.07
Copilia sp	–	–	–	–	0.2	0.04
Corycaeus clausi	–	0.1	–	0.1	0.0	0.05
Corycaeus limbatus	–	–	–	–	0.1	0.01
Corycaeus flaccus	0.7	0.4	–	0.4	1.8	0.66
Corycaeus giesbrechti	0.1	0.2	0.5	1.6	1.4	0.76
Cotycaeus latus	0.3	3.0	5.4	2.2	0.3	2.23
Corycaeus ovalis	0.2	0.4	1.2	0.3	–	0.40
Corycaeus brehmi	0.5	0.3	0.2	0.3	0.4	0.33
Corycaeus furcifer	0.1	–	–	–	–	0.02
Corycaeus sp	1.2	0.6	5.4	2.2	4.2	2.72
Corycella rostrata	0.5	0.1	0.3	0.0	0.1	0.21
Corycella carinata	0.8	1.3	0.0	0.0	0.6	0.56
Copepoditos indeterminados	14.0	42.4	26.5	52.2	11.9	29.39
RADIOLARIOS Y ACANTARIOS	–	–	–	–	0.4	0.07
MEDUSAS	110.2	5.2	7.1	3.0	4.4	25.96
SIFONOFOROS	22.2	10.7	16.5	8.4	5.1	12.59
ANELIDOS (LARVAS)	0.9	0.3	1.3	1.3	0.8	0.92
QUETOGNATOS	15.1	6.4	31.0	7.8	14.6	14.96
CLADOCEROS	6.9	97.8	308.0	48.9	0.2	92.37
OSTRACODOS	0.2	1.7	0.3	1.4	1.1	0.95
COPEPODOS	128.1	821.2	268.1	561.6	174.9	309.77
ANFIPODOS	0.1	–	–	0.1	0.1	0.05
CRUSTACEOS (LARVAS)	7.6	36.8	16.0	24.3	4.1	17.77
PTEROPODOS	2.2	3.2	24.7	37.5	2.9	14.09
EQUINODERMOS (LARVAS)	29.2	0.9	2.4	0.6	2.2	7.04
APENDICULARIAS	28.4	63.1	70.7	11.1	42.0	63.04
SALPIDOS	–	0.3	0.0	1.3	0.5	0.41
DOLIOLIDOS	2.3	–	0.4	1.7	10.5	2.98
PECES (LARVAS)	0.3	2.9	5.5	2.0	0.8	2.31
TOTAL ORGANISMOS	353.6	1050.5	752.0	811.1	264.3	646.28

Tabla 1. Promedios mensuales y global de las abundancias absolutas (nº ind. m^{-3}) de las especies de la comunidad de copépodos y de los principales grupos taxonómicos.

Monthly and global means of absolute numbers (abundance) of species (number of individuals m^{-3}) in the copepod community and main taxa.

neidad espacial, observable especialmente en la época cálida y que se da en el zooplancton tanto a nivel cualitativo (análisis de la diversidad) como cuantitativo (aparición de valores de biomasa elevados junto con otros más bajos así como de enjambres numéricamente importantes) es el resultado, por una parte, de la propia heterogeneidad de los componentes inferiores de la cadena trófica (recuédense los mayores gradientes de clorofila observados en esta época) así como de determinados factores físicos y químicos y, por otra parte, de la actuación de fenómenos de segregación espacio-temporal debidos a competencia y afinidad entre organismos. Esta doble heterogeneidad observable en los diferentes estratos de la red trófica es posible, como se ha indicado, cuando la masa de agua está relativamente estancada y aislada.

En la época fría, la mayor importancia de los movimientos de la masa de agua, determina la mezcla forzada de elementos que originariamente debieran estar separados. Esto da como consecuencia loa mayor homogeneidad espacial cualitativa y cuantitativa observada en esta época tanto en el fitoplancton (representado en nuestro caso por la concentración de clorofila *a*) como en el zooplancton (biomasas, concentraciones de individuos así como diversidad). En este sentido, los diferentes máximos (focos de producción y de biomasa resultante) quedan diluidos. Hay que decir, de todas formas, que el hecho de que la zona resulte uniformemente más rica en la época fria no es probablemente atribuible en exclusiva al fenómeno de difusión comentado antes si no también a una producción efectiva más generalizada favorecida por las propias turbulencias y movimientos de las masas de agua.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la contribución de las siguientes personas en la realización y forma final de este trabajo:

A G. Chacartegui, investigador principal del proyecto, del cual este estudio forma parte, por su disponibilidad en todo momento.

A la tripulación del B/O Odon de Buen con especial memoria hacia Paco Capó.

Al Dr. F. Vives, por la lectura del texto.

A Mª Dolores Carbonell por su colaboración en el tratamiento estadístico de los datos de diversidad.

A Mª Luisa Dehesa por su colaboración en la elaboración de la tabla I.

BIBLIOGRAFIA

DURÁN, M. & JANSÁ, J. 1986. Distribution verticale des chlorophylles planctoniques dans les eaux voisines de l'ille de Majorque. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 30,2.

FDEZ de PUELLES, M.L. & JANSÁ, J. 1988. "Neritic" and "Oceanic" variability of zooplankton biomass in the Western Mediterranean Sea (Balearian Sea, Palma Bay and San Jorge Gulf). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 31,2.

FORTEZA, V., MARTINEZ, A. & MOYÁ, G. 1988. Approximation to Chlorophyll-*a* distribution in the Balearic Sea (Northern Mediterranean). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 31,2.

GARCIA-RODRIGUEZ, 1985. Contribución al conocimiento de la biologia de *Centropages ponticus* Karavaev (Copepoda, Calanoida). *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 2(2): 47-52.

GILABERT, J. & MORENO, I. 1987. Nuevos datos sobre la composición y abundancia del zooplancton de la bahía de Palma de Mallorca (Islas Baleares). 1983-84. *Anales de biología. 12 (Biología ambiental.3)*. 43-51.

JANSÁ, J. 1985. Apendicularias, salpas y plancton en general en la zona W y S de Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 2(1), 132-154.

JANSÁ, J. 1985. Nota sobre el zooplancton de las principales bahías y puertos de las Baleares. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 2(1), 108-131.

JANSÁ, J. 1986. Observaciones sobre *Acartia clausi, Centropages ponticus* y algunos aspectos generales del zooplancton del puerto de Mahón a lo largo de 1980 y 1981. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 105-125

MASSUTÍ, M. 1942a. Notas fenológicas sobre los copépodos pelágicos de la Bahía de Palma de Mallorca. *Notas y Resúmenes Inst. Esp. Ocean.*, (2) 109: 1-12.

MASSUTÍ, M. 1942b. Los copépodos de la bahía de Palma de Mallorca. *Trab. Inst. Cie. Nat. José de Acosta, (Biol)*, 1 (1): 1-127.

SOLER, T.; del RÍO, J. & VÍVES F., 1988. Morphological and taxonomical revision of *Centropages ponticus* Karavaev, 1985 (Copépoda, calanoida). *Crustaceana* 55 (2): 129-146.

VÍVES, F. & LOPEZ-JURADO, J. L. 1988. Les copépodes des iles Baléares en rapport avec les masses d'eau. *Rapp. Comm. Mer Médit.*, 31,2.